

УДК 621.313

Ю.В. Шуруб

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ТРИФАЗНО-ОДНОФАЗНИХ АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ ПРИ СТОХАСТИЧНИХ НАВАНТАЖЕННЯХ

Розроблено та досліджено систему керування трифазно-однофазного асинхронного електроприводу з регулюванням фазозміщуючим модулем, що дозволяє отримати симетричний режим при випадковому характері зміни навантаження.

Разработана и исследована система управления трехфазно-однофазного асинхронного электропривода с регулируемым фазосмещающим модулем, которая позволяет получить симметричный режим при случайном характере изменения нагрузки.

ВСТУП

Режими роботи багатьох електроприводів, що використовуються в механізмах будівельного, сільськогосподарського виробництв та комунального господарства, характеризуються випадковою зміною моменту навантаження в широкому діапазоні [1]. Це стосується і електроприводів на базі трифазного асинхронного двигуна (АД), що живляться від однофазної мережі – трифазно-однофазних електроприводів з регульованими фазозміщуючими модулями. Системи керування такими електроприводами спрямовані на мінімізацію струмів зворотної послідовності, але в динамічних стохастичних режимах з інтенсивною зміною навантаження (дробарки, будівельно-оздоблювальні машини) через наявність механічної та електромагнітної інерційностей в контурі зворотного зв'язку регульованого фазозміщуючого модуля не вдається отримати оптимальний режим роботи.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

В [2] запропонована схема трифазно-однофазного електроприводу з триелементним фазозміщуючим модулем з дискретним триступеневим регулюванням ємностей конденсаторів (рис.1).

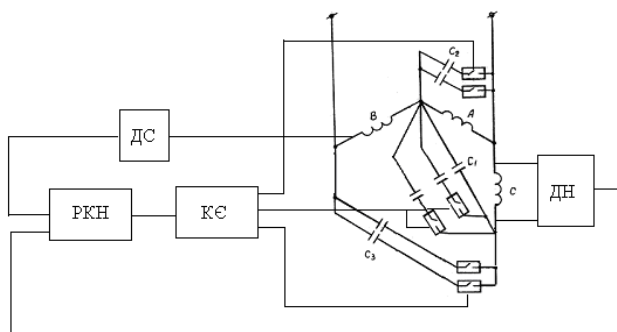


Рис. 1. Функціональна схема трифазно-однофазного електроприводу з триелементним фазозсуваючим модулем

Регульованим параметром в даній схемі є коефіцієнт несиметрії, який визначається непрямо через момент навантаження, що в свою чергу контролюється за допомогою датчиків електричних величин – фазних напруг та струмів. Перемикання ступенів відбувається за допомогою керуючого пристрою, що включає в себе датчики тих фазних напруг і струмів (ДН та ДС), що є найбільш чутливими до зміни навантаження, мікропроцесорний регулятор коефіцієнту несиметрії (РКН), що визначає за показами датчиків необхідний ступінь фазозміщуючого модуля, та напівпро-

відникові комутатори ємностей (КЄ). Залежність ККД двигуна 4А71А2 в трифазно-однофазному електроприводі за схемою рис.1 від навантаження приведена на рис. 2.

Кожний ступінь регулювання даного фазозміщуючого модуля відповідає визначеному діапазону зміни навантаження, які на рис.2 позначені цифрами I, II і III. Визначення оптимальних значень ємностей фазозсуваючих конденсаторів для кожного із ступенів в статичному режимі роботи та методика визначення алгоритму перемикання ступенів викладені в [2].

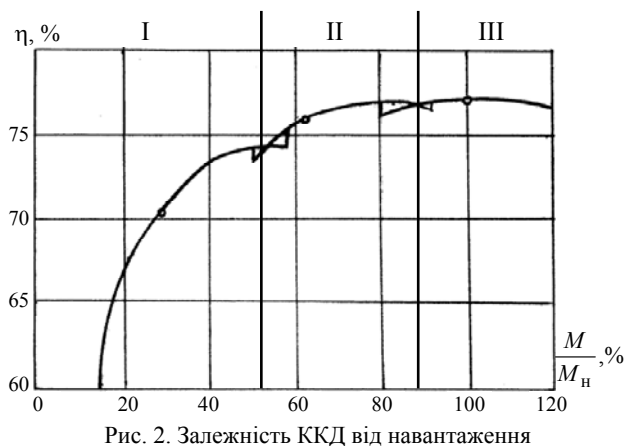


Рис. 2. Залежність ККД від навантаження

Запропонована замкнута система керування може забезпечити симетричний режим роботи асинхронного двигуна в широкому діапазоні зміни навантаження і відповідно знизити його енергоспоживання та підвищити надійність його роботи. Але оскільки розглядаються режими навантаження електроприводів, що мають різко змінний випадковий характер, система керування через наявність електромагнітної та механічної інерційностей в замкнутому контурі не дозволяє отримати оптимальний режим без відповідної фільтрації випадкової складової навантаження. Отже, керуючий мікропроцесорний пристрій для врахування стохастичного характеру зміни навантаження повинен бути доповнений фільтром випадкової величини, який може бути поданий як статистично оптимальний регулятор [3], синтез якого відбувається за критерієм мінімуму середньоквадратичної похибки регульованого параметру – в даному випадку, коефіцієнта несиметрії.

Розрахунки показали, що при навантаженні, що має експоненціальну кореляційну функцію, передато-

© Ю.В. Шуруб

чною функцією оптимального регулятора буде інерційна ланка, а при навантаженні з експоненціально-косінусною кореляційною функцією – послідовне з'єднання аперіодичної ланки другого порядку та форсувочної ланки.

За методикою [3] проведено синтез статистично оптимального регулятора електроприводу прямої дробарки зерна, виконаного за запропонованою схемою. Кореляційна функція і спектральна густина випадкової складової процесу зміни навантаження добре апроксимуються виразами виду

$$R(\tau) = \sigma^2 e^{-\alpha|\tau|} \cos \beta \tau, \quad (1)$$

$$S(\omega) = \frac{\sigma^2}{\pi} \left[\frac{\alpha}{\alpha^2 + (\omega + \beta)^2} + \frac{\alpha}{\alpha^2 + (\omega - \beta)^2} \right], \quad (2)$$

де α – коефіцієнт, що характеризує інтенсивність згасання кореляційної функції; β – коефіцієнт, що визначає кутову частоту коливальності.

Часові діаграми зміни електромагнітного моменту трифазно-однофазного електроприводу за схемою рис.1 при випадковому моменті навантаження з експоненціально-косінусною кореляційною функцією (1) при застосуванні статистично оптимального регулятора та без такого регулятора показані на рис.3. Дані діаграми отримані шляхом математичного моделювання. Цифрами I, II, III показані зони, в яких відбувається робота з одним із трьох ступенів фазозміщуючого модуля. Суцільними лініями між цими зонами показані лінії перемикання ступенів. Відзначимо, що з рис. 3 видно, що при застосуванні оптимального фільтру перемикання між ступенями відбувається значно рідше, ніж при відсутності фільтру.

$M, H \cdot m$

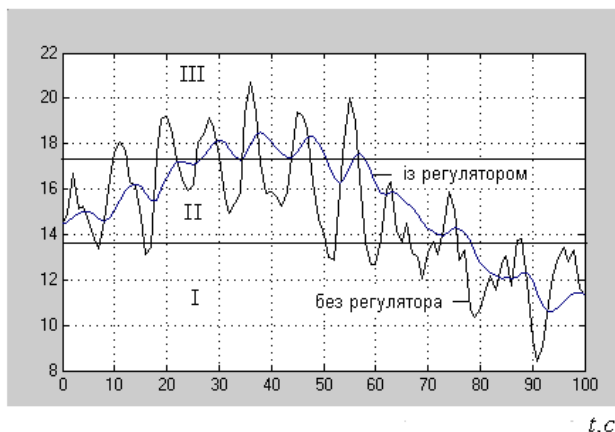


Рис. 3. Часові діаграми зміни електромагнітного моменту трифазно-однофазного асинхронного електроприводу

Проведені дослідження показали ефективність фільтрації статистично оптимальними регуляторами високочастотних складових моменту навантаження з відповідним зниженням дисперсії електромагнітного моменту в 4-5 разів. Завдяки цьому є можливим суттєве зниження амплітуди пульсацій електромагнітного моменту та відповідних навантажень на механічні вузли, зменшення кількості перемикань комутатора ємностей та збільшення енергетичних показників електроприводу.

ВИСНОВКИ

Запропонована система керування трифазно-однофазним електроприводом з триелементним дискретно регульованим фазозміщуючим модулем. Для забезпечення мінімальної дисперсії струму зворотної послідовності при стохастичній зміні навантаження в системі керування застосовано алгоритм оптимальної фільтрації, що дозволяє отримати в однофазному режимі ККД АД близький до ККД того ж АД при симетричному живленні при роботі в динамічному режимі зміни навантаження за випадковими законами. Застосування оптимального фільтру дозволяє не тільки знизити дисперсію електромагнітного моменту (або дисперсію струму зворотної послідовності) трифазно-однофазного асинхронного електроприводу, тим самим збільшивши його ККД, але й зменшити кількість перемикань комутатора ємностей, що збільшує в цілому надійність запропонованої системи.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ільчов І.П., Хандола Ю.М., Серета А.І., Хандола О.Ю., Федюшко Ю.М. Методи вибору приводних електродвигунів для машин та механізмів, які працюють при випадковому навантаженні // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка. – 2011. – Вип.116. – С. 69-72.
2. Шуруб Ю.В. Трифазно-однофазний асинхронний електропривод з багатоеlementним ємнісним фазозміщуючим модулем // Електротехніка і електромеханіка. – 2011. – №3. – С. 49-50.
3. Шуруб Ю.В. Розробка системи керування трифазно-однофазних асинхронних електроприводів при випадкових навантаженнях // Електромеханічні і енергозберігаючі системи. – 2012. – Вип.1. – С. 12-15.

Bibliography (transliterated): 1. Illichov I.P., Handola Yu.M., Sereda A.I., Handola O.Yu., Fediushko Yu.M. Methods of choice of electric motors of drives for machines and mechanisms which work with casual loadings. *Bulletin of Kharkiv Petro Vasylenko National Technical University of Agriculture (KhNTUA)*, 2011, no.116, pp. 69-72. 2. Shurub Yu.V. A three-one phase induction electric drive with a multiple-unit capacitor phase-shifting modules. *Electrical engineering & electromechanics*, 2011, no.3, pp. 49-50. 3. Shurub Yu.V. Working out of system of control of three-one phase induction electric drives at random loads. *Electromechanical and energy saving systems*, 2012, no.1 (17), pp. 12-15.

Надійшла (received) 20.09.2013

Шуруб Юрій Вікторович, к.т.н., с.н.с.,
Інститут електродинаміки НАН України,
03680, Київ, пр. Перемоги, 56,
тел/phone +38 044 4542637, e-mail: shurub@bigmir.net

Yu. V. Shurub

Institute of Electrodynamics of NAS Ukraine, Kyiv, Ukraine
56, Peremogy Avenue, Kyiv-57, 03680, Ukraine

Investigation of a three-phase-single-phase induction electric drive under stochastic loads.

A control system for a three-phase-single-phase induction electric drive with a controlled phase-shifting module is developed and studied to result in a symmetric regime under stochastic load variations.

Key words – induction electric drive, phase-shifting module, stochastic load.